



TITLE:

Photoproduction of Neutral Pions from the Nucleon and the Deuteron in the Region of the First and the Second Resonances( Abstract\_要旨 )

AUTHOR(S):

Yamaki, Tetsuji

---

CITATION:

Yamaki, Tetsuji. Photoproduction of Neutral Pions from the Nucleon and the Deuteron in the Region of the First and the Second Resonances. 京都大学, 1967, 理学博士

ISSUE DATE:

1967-07-24

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/212323>

RIGHT:

氏 名	八 巻 哲 示 や ま き て つ じ
学 位 の 種 類	理 学 博 士
学 位 記 番 号	理 博 第 122 号
学 位 授 与 の 日 付	昭 和 42 年 7 月 24 日
学 位 授 与 の 要 件	学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当
研 究 科 ・ 専 攻	理 学 研 究 科 物 理 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	<b>Photoproduction of Neutral Pions from the Nucleon and the Deuteron in the Region of the First and the Second Resonances</b> (第 1 及び第 2 共鳴領域における核子と重陽子からの中性パイ中間子の光発生) (主 査) 教 授 安 見 真 次 郎 教 授 小 林 稔 教 授 町 田 茂
論 文 調 査 委 員	

### 論 文 内 容 の 要 旨

主論文における申請者の目的は第 2 共鳴エネルギー付近までの、陽子からの中性  $\pi$  中間子光発生に関する実験データを総括的に整理してこれらを再現できる現象論を創りあげることである。その際申請者はできる限り導入するパラメタの数の少ない現象論をつくるように努力した。

申請者は先ず実験データの解析に必要な  $\pi$  中間子-核子系の状態として、 $s_{11}$ ,  $s_{31}$ ,  $p_{33}$ ,  $p_{11}$ ,  $d_{13}$  の 5 つを取りあげることから出発する。これ以外の例えば  $\gamma$ - $3\pi$  相互作用や  $\rho$  中間子,  $\omega$  中間子交換等は無視している。

こうすると光子吸収による核子の多重極子遷移の種類は Chew-Goldberger-Low-Nambu (以下 C.-G.-L.-N. と略す) 流に書けば、 $E_{0+}$ ,  $M_{1+}$ ,  $E_{1+}$ ,  $M_{1-}$ ,  $E_{2-}$ ,  $M_{2-}$  の 6 個となる。この内、状態  $p_{33}$  をつくる電気四極子遷移の振幅  $E_{1+}$  は非常に小さいことが知られているので無視することとして、残りの 5 個の振幅を考慮に入れた。

$M_{1+}$ ,  $E_{0+}$ ,  $M_{1-}$  の振幅には C.-G.-L.-N. 理論で得られたものを用いている。次に  $E_{2-}$  と  $M_{2-}$  とに対しては夫々パラメタ  $C$  及び  $C'$  を含んだ現象論的振幅の表式を用いている。但しこれらの  $C$  と  $C'$  との間に一つの関係式を設定している。これは第 2 共鳴状態 ( $d_{13}$ ) の共鳴エネルギー付近における中性  $\pi$  中間子の光発生反応の微分断面積の測定結果に見られる 2 つの特徴：1) 角分布が近似的に重心系で  $90^\circ$  対称である、及び 2) 小角度（前方）と大角度（後方）における微分断面積が共に非常に小さいという、2 点に着目することによって得られる。即ちこの角分布は  $E_{2-} : M_{2-} = 3 : 1$  と仮定するとよく再現できるので、これを採用すると、 $C'$  は  $C$  であらわせるから独立なパラメタの数は  $C$  1 個となる。

ここに述べられた現象論において実験データと一致させるために調節できるもう 1 つのパラメタは C.-G.-L.-N. 理論から導かれた振幅  $E_{0+}$  の表式中に含まれる  $N^{(+)}$  という未知量である。

更に  $\pi$  中間子-核子系の状態に対する位相のずれについては異なる 3 種の組を比較している：即ち I)  $p_{11}$  を含むもの II)  $s_{11}$  を含むもの、III)  $p_{11}$  も  $s_{11}$  も含まないものの三つの組である。これらの 3 種類の位相のず

れの組は、700MeV のエネルギーまでは微分断面積の実験データとの一致において顕著な差異は認められないが、750MeVと800MeVにおいては組Ⅰ)はよく実験と一致し、組Ⅲ)は大体実験とあうが、組Ⅱ)は実験と一致しない結果を得ている。このことから申請者は $\pi$ 中間子-核子系の $p_{11}$ 共鳴の存在は $S_{11}$ 共鳴の存在よりも確からしいと結論し、以後の解析においてはこの位相のずれの組Ⅰ)を採用している。

既述のパラメタCの大体の値は、 $\pi$ 中間子-核子散乱の位相のずれと光発生の実験値（偏極に関するデータを含む）から $-1.97 \sim -2.42$ の間にあると推定できるが、最も良く実験と一致する値をさがすために、この範囲で変化して実験と比べた。又、パラメタ $N^{(+)}$ の値についても $0.00 \sim 0.20$ の間で変化させて同様に実験データと比較した。更に $E_{\rho^-} : M_{\rho^-} = 3 : 1$ をチェックするため、この比の値を少し変えてその効果を見ることによって $3 : 1$ 乃至 $5 : 1$ が適当であることを確認している。

以上のような計算に加えて300MeVから850MeVに亘るエネルギー範囲で50MeVおきに微分断面積を求める大量の計算を計算機で行なった結果、位相のずれの組としてはⅠ)の組、パラメタの値としては $C = -1.97$ 及び $N^{(+)} = 0.05 \sim 0.07$ によって300MeV $\sim$ 850MeVの領域における $\gamma + p \rightarrow \pi^0 + p$ 反応の微分断面積の測定値を、650MeVを除いてすべて統一的に再現できることがわかった。650MeVにおいては計算値と測定値との一致がよくない。申請者はこの不一致はこのエネルギー領域における $E_{\rho^+}$ の振幅のとり方が悪いためではないかと推論している。

次に $\gamma + p \rightarrow \pi^0 + p$ 反応における反跳陽子の偏極についてであるが、これに関する実験は未だ数少なくその殆んどが重心系 $90^\circ$ で行なわれている。申請者は重心系 $90^\circ$ における偏極のエネルギー依存性の計算を、既述の $\pi$ 中間子-核子散乱の位相のずれの3種類の組について行なって実験値と比較した。計算曲線は組Ⅰ)に対しては700MeVに偏極の極大があるが他方、組Ⅱ)とⅢ)に対しては、650MeVに偏極の極大がある。しかしながら偏極実験のデータには未だ誤差が多いため3種の組のいずれが最も適当であるかを判別することができない状況であった。更に申請者は450MeV、600MeV及び750MeVにおける偏極の角度依存性をも計算しているが、これに関する実験データは更に貧弱で実験値との比較はあまり意味がないとしている。

申請者は更に進んで $\gamma + n \rightarrow \pi^0 + n$ 反応の微分断面積を300MeV $\sim$ 800MeVの間のエネルギー6点において計算した。これについては実験データは現在殆んど皆無に近いが、この計算によると第2共鳴付近の微分断面積は $d_{13}$ 振幅がアイソベクトルとアイソスカラーのどんな混合比であるかによって敏感に変化することを指摘している。

以上得られた核子からの中性 $\pi$ 中間子光発生振幅を用い、インパルス近似に基づいて申請者は、重陽子からの中性 $\pi$ 中間子の弾性的光発生 $\gamma + d \rightarrow \pi^0 + d$ 反応の微分断面積の計算を行なった。この反応は重陽子がアイソシングレットであることを利用して、光子-核子相互作用がアイソベクトルかアイソスカラーか又はそれらのいかなる混合であるかの判定に使える。申請者は計算結果を京都大学高エネルギー物理学実験グループによる測定結果（参考論文5その他）と比較して $d_{13}$ 振巾は主としてアイソベクトルであると結論している。

参考論文5編はいずれも共著の実験的研究の論文である。参考論文その1は、30MeV $\alpha$ 粒子による $(\alpha, p)$ 反応、参考論文その2は、偶数核に対する $(p, \alpha)$ 反応、参考論文その3は、奇数核についての $(p, \alpha)$

反応に関する論文である。参考論文その4は、数百MeVエネルギー領域における炭素核からの重陽子の光発生に関するもの、参考論文その5は、500MeV~700MeVにおける重陽子からの中性 $\pi$ 中間子の弾性的光発生に関する論文である。

### 論文審査の結果の要旨

核子からの $\pi$ 中間子光発生の問題は種々の方法で解析されてきたが、従来までは殆んど第1共鳴エネルギー付近或はそれ以下に限られていた。最近になって第2共鳴状態を含むエネルギー領域での理論的解析が二、三あらわれるようになった。例えばSalinはアイソバール模型に基づいて正及び中性 $\pi$ 中間子の光発生を、200MeV~800MeVのエネルギー領域で取扱っている。彼の計算結果は800MeV付近での前後方の角度以外は、現存する実験データとかなりよく一致している。又 Höler その他は、この方法を拡張してボーズ粒子の交換並びに小さな振幅をも考慮に入れて計算を行なった。しかしながら、このような半現象論的方法では解析に導入されるパラメタの数が多くなるので、これらのパラメタの調節によって実験との一致が得られたにしても、それによって相互作用の基本的特徴を洞察することが難しいと考えられる。

主論文において申請者はできるだけパラメタの数の少ない現象論をつくることを意図し、これによって得られた現象論から現象の本質を探る手がかりを得ることを目的としている。

そこで申請者は先ず陽子からの中性 $\pi$ 中間子光発生においてその第2共鳴エネルギーにおける角分布に見られる特徴的実験事実が、 $\pi$ 中間子-核子系の第2共鳴状態( $d_{13}$ 共鳴)が光子吸収によって励起されてできるのは、電気双極子遷移と磁気四極子遷移とによってであり、これらの振巾の比が3:1であることを暗示するものと解釈して、この3:1則を用いることによって現象論に導入されるパラメタの数を減らすことに成功した。このため $d_{13}$ 波に関するパラメタはC1個となる。

この現象論に含まれるもう1個のパラメタは振巾 $E_{0+}$ に含まれる $N^{(+)}$ であって、結局実験との比較に際して調節し得るパラメタの数は僅か2個である。申請者は $\pi$ 中間子-核子散乱の位相のずれの組の3種類を試みると共に、上記2個のパラメタを夫々変化させて電子計算機による大量の計算を行なって実験データと比較した結果、300MeV~850MeVのエネルギー領域における現存する陽子からの中性 $\pi$ 中間子光発生のすべての実験データ(主として微分断面積の測定値)を、650MeVのエネルギー以外は統一的に再現できる現象論の建設に成功した。これは将来本質的な解析に進むための基礎となり得るものと考えられるので重要な知見と言わねばならない。

申請者は又 $\gamma+p \rightarrow \pi^0+p$ 反応における反跳陽子の偏極についても計算を行ない実験と比較しているが、現存する実験データには誤差が大きいので、この比較によって有効な議論はできない状況であって、これらは今後の研究の指針となると考える。

申請者は更に進んで現在殆んど実験データがなく、しかも最近の素粒子分類の理論からも問題を提起されている中性子からの中性 $\pi$ 中間子光発生反応をとり上げ、上記の現象論によって種々のエネルギーにおける微分断面積の計算を行なっている。これらの計算は今後の上記の反応の実験的研究に重要な指針を与えるものと考えられ、特に $\pi$ 中間子-核子系の第2共鳴状態( $d_{13}$ 共鳴)をつくる光子-核子相互作用の、アイソスピン空間における性質をしらべるのに、この反応が有効に用いられ得ることを示唆している点

重要である。

更に申請者はその応用として上述の現象論で得られた核子からの中性 $\pi$ 中間子光発生振幅を用いてインパルス近似に基づいて重陽子からの中性 $\pi$ 中間子の弾性的光発生微分断面積を400MeV $\sim$ 750MeVのエネルギー領域で計算し、これらを申請者が属していた京都大学高エネルギー物理学の実験グループによる上記反応の実験データ（参考論文5その他）と比較した結果、 $d_{13}$ 振幅は主としてアイソベクトルであると結論している。これは第2共鳴状態を考える上で一つの重要な知見である。

以上述べたごとく主論文は素粒子物理学特に $\pi$ 中間子物理学の分野において新しい重要な知見を加えたもので、この分野の発展に寄与するところが少なくない。参考論文はいずれも申請者が原子核物理学及び素粒子物理学の分野において豊富な知識とすぐれた研究能力を有することを示している。

よって本論文は理学博士の学位論文として価値があるものと認める。